

## ”光”新世代ビジョンを支える研究開発の動向

# モノと通信するための RFID技術の現状と将来像

### はじめに

一度下火になった概念である「ユビキタス」は、インターネットの促進あるいはRFIDの実現とともに、ここ数年再度現実味を帯びて注目されてきている。ここでは、匿名性のあったモノにIDをつけて特定することができるというRFIDの技術を中心に述べる。図1に示すように2010年くらいをピークに日本の人口は減少に転じ、2050年には、所謂高齢人口が生産年齢人口の2/3程度まで増加すると予想されている。すなわち今のままの生活、社会構造を維持することが困難になることを示している。従ってこれから求められるのは、安心安全な生活の確保と



日本電信電話株式会社  
サービスインテグレーション基盤研究所  
岸上 順一

より効率的で簡単な産業であろう。

2000年からMITを中心にAIDC: Automatic Identification and Data CaptureのひとつであるRFIDを用いたモノへのID付けが盛んになり、2003年10月までAuto ID CenterとしてePC:Electronic Product Code

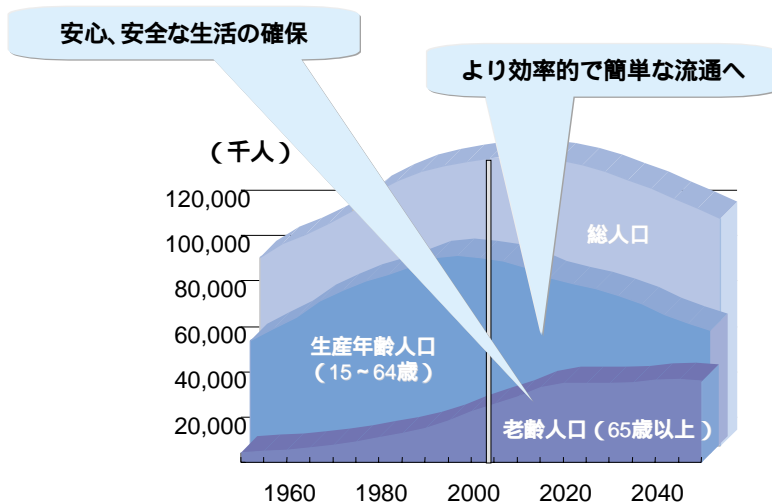


日本電信電話株式会社  
未来ネット研究所  
清水 雅史

などの標準策定が行われてきた。2003年11月からはEPC Globalという名前のもとで、これまでバーコードに使われてきたUPCと呼ばれるコードを世界140カ国で管理してきたEAN/UCCが運営を始めた。これはある意味でインターネットが盛んになる前夜を思い出させ、今後の大いなる発展が期待されている。産業へのインパクトを考えると、流通革命、安心安全な生産、医療過誤の減少、消費者にとって簡単な情報獲得などが考えられる。

### バーコードからRFIDへ

AUTO IDとはものの識別を自動的に行うことで、AUTO IDの一部はバーコードやOCRによって既に実現されている。バーコードシステムは物流システムを根本的に変えて



出典： 国勢調査(2000年まで)、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成14年1月推計)」

図1 RFIDへの期待と必然性

## モノと通信するための RFID技術の現状と将来像

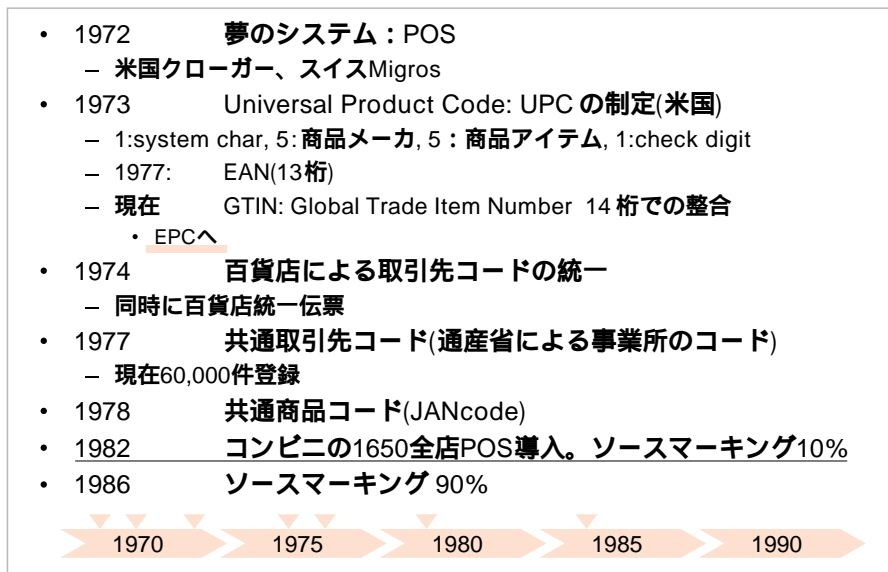


図2 JANコードの歴史

しまった革命的なシステムであり、現在ではバーコードがない商品を探す方が難しい。図2にバーコードに用いられているJANコードの歴史を示す。ここで重要なのはバーコードがこれほどまでに広がったきっかけである。バーコードのような仕組みは世の中のマジョリティになると非常に強みを発揮するが、付いていないものの方が多いと二重手間になるためほとんど使われないという性質を有する。1982年に某コンビニが納入品に関してのバーコードを義務付けたことが大きい。

バーコードが導入される前には図3に示すように、リアルな世界にある実態に対して、手入力でバーチャルな世界への写像を確立し、実態の属性を流通させていた。バーコードを利用することにより、手入力からスキャナーによる簡単な入力が可能になり、さらにRFIDによる自動入

力はリアルとバーチャルな世界の距離が非常に小さくなったと言える。

### (1) パッシブタグ

もともとRFIDは、商品の管理用ではなく、万引き防止用に考案されたものである。単純な万引き防止システムはIDを持っていないため固体識別はできないが最近のRFIDは

固体識別だけではなくデータ書き込みもできるタイプの製品が1個当たり数十セントで提供されている。タグを安価にするため電源はリーダから供給される。このような外部給電によって動作するRFIDのことをパッシブタグと呼ぶ。図4にパッシブタグの動作原理を示す。電源の供給はトランスと同じ原理で行われる。タグを読み取るリーダとタグのコイルの間の電磁誘導作用によって電力が供給される。リーダからは給電の目的とコマンドを兼ねた高周波の変調波が送信され、タグはそれを受信すると同時に検波を行い、自らの電力として使用する。方式によって異なるが、典型的なタグは簡単なマイクロプロセッサと分周器を持っており、受信したコマンドを理解し、自分に割り当てられてIDを返信する。一般にパッシブタグは電池を持っていないため発振器を駆動することができない。しかし、強力な搬送波をリーダから受信しているため、これ

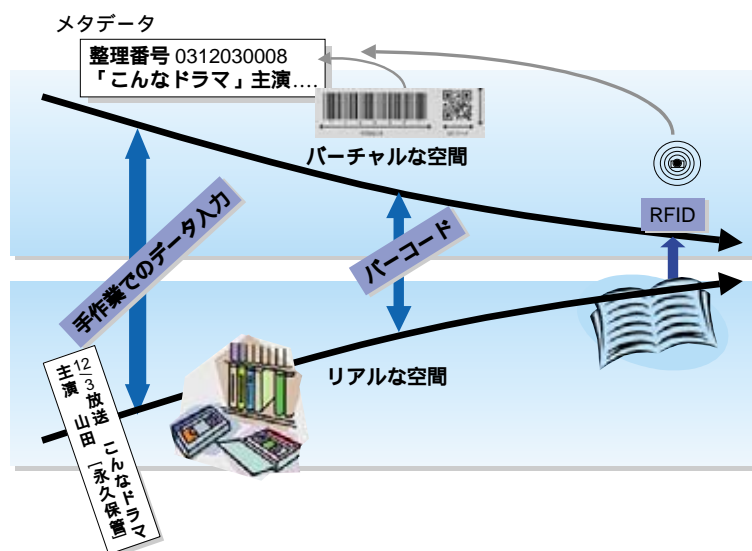


図3 リアルとバーチャルを結びつけるということ

## ”光”新世代ビジョンを支える研究開発の動向

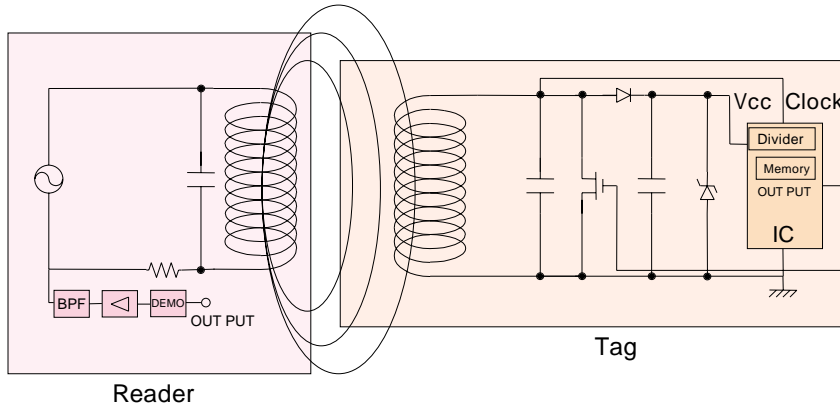


図4 パッシブタグの基本構成

を発振器の代わりに利用し、分周器で分周した信号を用いて周波数変換を行って返信している。電磁誘導式のタグは通信距離が1m程度までしか実現できないが、100~135KHz (LF) と13.56MHz (HF) は既に周波数が規格化されているため、世界中で使うことができる。古典的なパッシブタグに関しては文末の参考文献[ 1 ]を参照されたい。

近年、同じパッシブタグの中には、電磁誘導ではなく高周波をアンテナで電波を受信して同様にこれを検波して電源として用いるタイプのものが出現してきた。高周波を用いるためアンテナを小さくできることが特徴である。アンテナの構成によっては長距離に通信が可能になってくる。米国では900MHz帯において約10mの通信距離を可能にしたものも登場している<sup>[2]</sup>。

しかし、登場してからまだ時間が経っていないことから、周波数の規格化が進んでおらず、世界中で使えるのは2.45GHzのみで、許容出力が小さいため通信距離は数cm程度である。電

波式のタグおよび通信方式については参考文献[ 3 ]を参照されたい。

パッシブタグの機能は単純なため、一度シングルチップ化してしまえば非常に安価にすることができる。チップの価格は生産する個数と面積で決まる。小さいチップを作ればそれだけ安く作る事ができるため、現在では0.3mm角程度のチップが実現している。しかし、前述の

ように受信のためのコイルまたはアンテナが必要であるためチップだけでは動作しない。

パッシブタグはバーコードに比べて以下の点で優れている。

- 1) 記憶容量が大きい。
- 2) 見通しがなくても読み取ることができる。
- 3) 偽造が難しい。
- 4) 書き込みができる。
- 5) 汚れに強い。
- 6) \*読み取り距離が長い。
- 7) \*一度に複数のタグを読み取ることができる。

これらの機能はそれぞれ異なったシーンで期待されている。図5にアプリケーションを提供するのに必要な機能を示す。必須なものは実線で、あるとアプリケーションの広がりが期待できるものは破線で記述した。6) 7)の機能は伝播路が理想条件

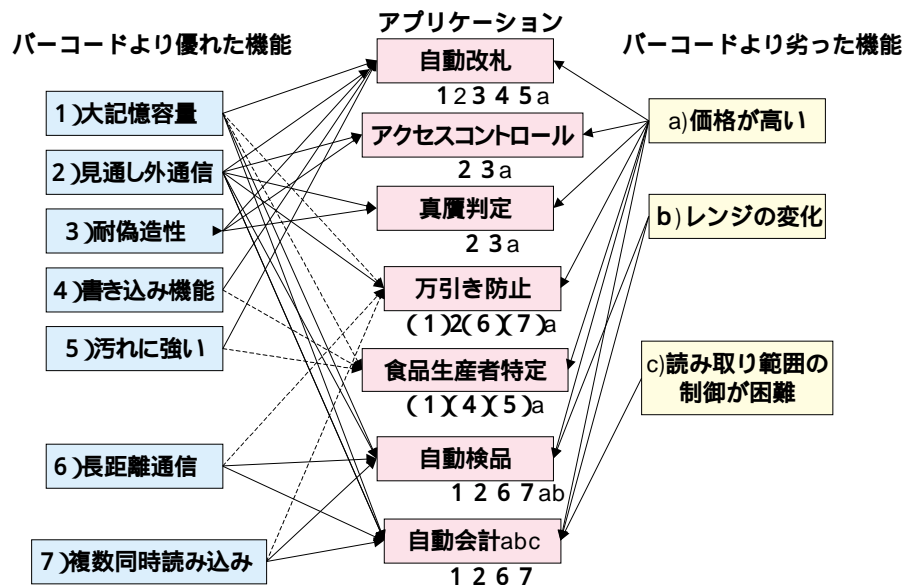


図5 RFIDアプリケーションと必要な機能（パッシブタグ）

## モノと通信するための RFID技術の現状と将来像

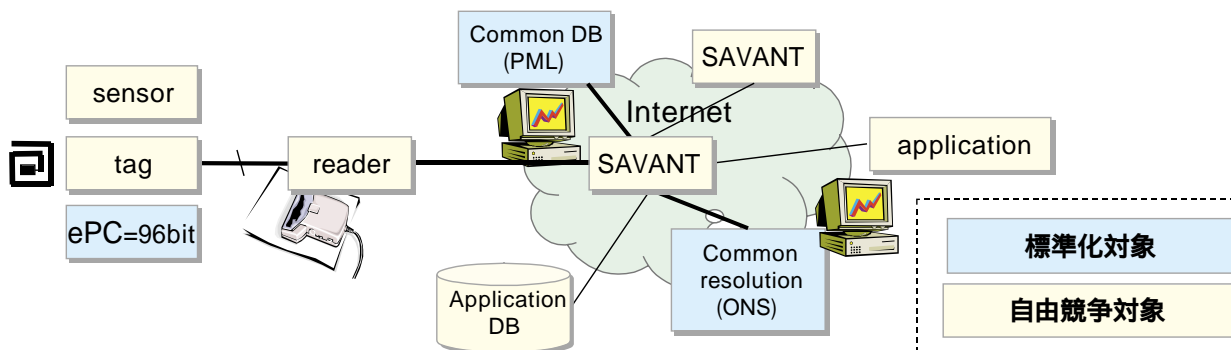


図6 EPC Globalが提唱する標準化戦略

に近いときのみ成り立つパッシブタグの利点であり、これを過信するとシステムが成り立たない可能性がある。

また、バーコードと比較して以下の不利な点もあることを忘れてはならない。

- a) 価格が高い(タグ・リーダとも)
- b) 貼付する材質によってレンジが大きく変化する。例えば900MHz帯のマイクロ波タグを飲料等の水分の多いものに貼ると極端に読み取り距離が落ちる。
- c) 長距離型タグの場合、読み取る範囲の制御が難しい。

### (2) ePCタグ

EPC Globalはパッシブタグをバーコードに変わる物品の認識手段として捕らえ、普及のためにいくつかの戦略をとっている。タグの価格を抑えることが普及のポイントであるという観点から、タグにはバーコードの体系を継承してシリアル番号を追加した64/96ビットのePCコードの使用を提唱している。図6に

EPC Globalが提唱するデータの流  
れと標準化戦略を示す。

すなわち、タグの容量を増やして履歴や詳細情報を書き込むことはせずに、これらの情報はネットワークを介して照合する方式を採用することにより、タグ容量を最小に抑えて低価格化できる。

これは逆に考えるとICカードからID以外の要素をすべてネットワーク上に追い出したデザインといえる。ONS (Object Naming Service) はIDと詳細情報の結合するサービスであり、ネットワークを介して高速に照合を行い、必要なところにこの情報を提供する。SAVANTと呼ばれるサーバがタグIDと個々のアプリケーションからの問い合わせ要求に応える。これらの情報の流れを標準化することによってさらにタグおよびデータ流通の低価格化が可能になる。すなわち標準化すべきところはタグID、ONS、SAVANT上の言語であるPML (Physical Makeup Language) に絞り、その他はアプリケーションに応じた開発を行う方針である。

日本におけるRFIDの標準化団体であるユビキタスIDセンター<sup>[4]</sup>でもタグの機能を単純にして価格を抑えることを狙っている。こちらは128ビットのIDを提唱しているがデータの流  
れについても概ねEPC Globalと同様の方法を考  
えている。

### プライバシー問題

全てのものにタグがつき、その機能が店の外でも有効になると、当然であるがリーダを近づけると何を  
持っているかが全てわかってしま  
う。この機能からRFIDのサービ  
スに関しては早くからプライバシ  
ー問題の重要性が言われている。  
プライバシーのガイドラインに  
関しては図7に示したように、  
一般的なアプローチは1982年  
のOECD8原則に始まっているが、  
RFIDに特化したものは昨年の  
EPC Globalの4原則が最初であ  
らう。日本においても、その商  
習慣などを考慮したガイドライン  
がいくつか検討されている。

## ”光” 新世代ビジョンを支える研究開発の動向

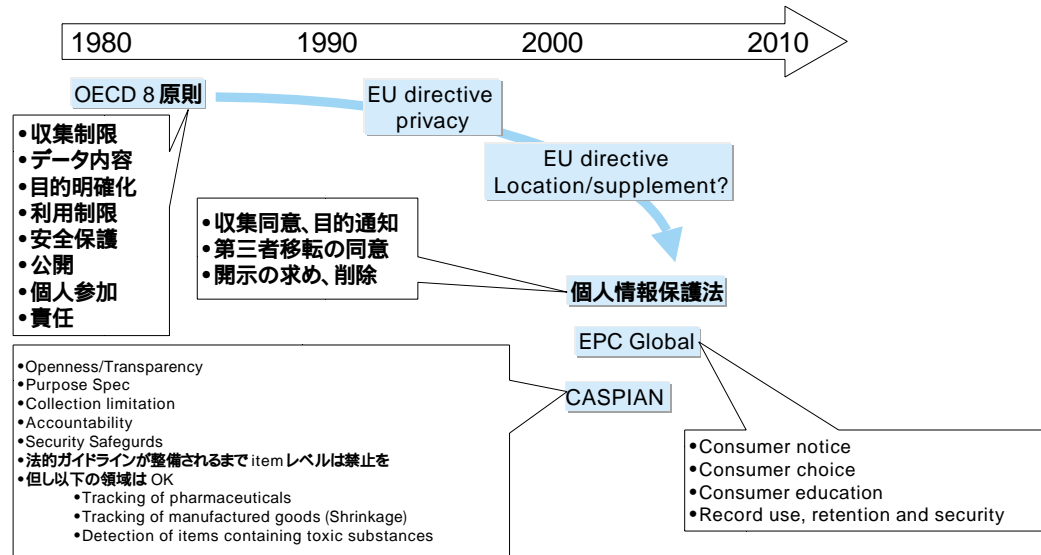


図7 Public Policy の制度的動向

### 新たな付加価値をもたらす 高機能タグ

パッシブタグは製品ひとつひとつのレベルまでタグを貼り付けることを目的としており、タグの価格を安くすることが必須であるがために、通信レンジや機能に大きな制限があった。仮に個々の製品レベルではなく、配送や仕入れの1ケースレベルにひとつのタグをつけ、再利用することを仮定する。パッシブタグは現在数十セントであるので、1ケースが100個の集団として、タグを10回再利用すると考えると1個当たり数百ドルまでが許容される計算になる。もちろん製品個々の追跡や万引きの検出はできなくなるが、数百ドルのタグは電池を使うことができるため、センサを搭載したりリーダの機能を実現することや、これらの記録をとることも可能になる。また通信距離も電波免許さえあれば必要な

ら1Kmを確保することができる。また、顧客にタグが渡らないのでプライバシー問題には触れる必要がない。

#### (1) 暗号つきアクティブタグ

アクティブタグはすでに我々の身の回りで一般的に使われるようになっている。自動車のキーレスエントリーシステムはまさにアクティブタグの始祖であり、現在も最もポピュラーなアクティブタグである。単純なIDを発信するのみの機能のタグでは、一度IDを読まれると鍵を開けられてしまう可能性がある。これを防止するために、タグとリーダに共通の暗号を用いて発信するたびに異なったコードを生成するセキュリティ機能が搭載されている。暗号を発生するためのCPUが必要であるが、鍵を開けるときしか動作しないため、消費電力の要求条件はIDを間歇的に発信するタグよりも緩くなる。このため早くから実用化され、

現在では軽自動車にまで標準装備されているほどである。

#### (2) セミパッシブタグ

セミパッシブタグには様々な方式が存在する。単純なアクティブタグは、受信機能を持っていないため、これを補間するためにパッシブタグと同様に待ち受け電力を必要としない受信機、すなわちパッシブタグを使い、送信は電池を用いた送信機で行うものが、コンテナ追跡用として提案されている。コンテナ追跡用のタグは取り付ける対象がコンテナであるので、あまり小型化する必要がなく大きな電池が使用できるため電池寿命を延ばすことは比較的容易である。発信のデューティサイクルや電池の大きさによって異なるが概ね5年程度の電池寿命を持っている。

#### (3) センサつきタグ

米国において、自動車の安全運行

## モノと通信するための RFID技術の現状と将来像

の観点からタイヤの空気圧をモニターすることを義務付ける計画がある。物理量を測るセンサデータを送信するにはADコンバータが必要となる。単純なアクティブタグにADコンバータとメモリを実装するだけで空気圧モニタタグを作ることができる。寿命は短くなるが、価格に対するインパクトは少ない。食品や貴重品を輸送する際の品質を測定したり、簡単な測定器としての機能を持たせることができることから需要は大きいと考えられる。

### (4) マルチホップ

近距離の無線通信の規格で、最も多く使われているのが無線LAN用のIEEE802.11である。無線LAN用であるので高速(54Mbps)で見通しがあれば数百mの通信も可能である。これをRFIDに用いるにはいくつかの短所がある。

- 1) 消費電力が大きいこと。これは主にレンジが長いだけでなく、使用している周波数が高いことと、データレートが速いこと、複雑な信号処理を行っていることに起因している。
- 2) 使用周波数が高く、準光学的な伝播特性を持つため、見通し外通信距離が短い。
- 3) すでに大量の利用者がおり干渉が生じやすいこと。
- 4) 通信方式が複雑であるため高級なCPUを必要とし、価格が安くならないこと。
- 5) 高度なOSが必要となり、リンクの確立に時間がかかること。

もちろん、寿命が短くて、価格が高くても機能を追及するアプリケーションには使用可能である。

高性能RFIDは、RFID同士で通信ができるため、マルチホップ接続が可能となる。マルチホップ接続ができるとサービスエリアを広げることができるため、単純なアクティブタグやパッシブタグに比べてリーダに対する投資を抑制することができる。当然タグの価格は高くなるため、タグの数が少なく広いエリアで稼動するアプリケーションに適している。Smart Dust<sup>[5]</sup>やZigBee<sup>[6]</sup>はセンサネットワークをサービス対象としている。

### (5) センサ

RFIDがつけられたモノの状態を知るにはセンサが必要である。すでに紹介したSmart Dustは温度と明るさのセンサを標準で搭載している。また、空気圧モニタタグは温度と圧力センサを搭載している。さらに環境を計測することや人間の状態を監視すること等を考えるとCO<sub>2</sub>センサや血圧センサのようなものの搭載が期待される。RFIDにこれらを組み込むには、体積と消費電力が極めて小さい必要がある。温度や圧力、明るさといった状態量は1回当たり数μWで計測することができ、体積も小さいためすでにタグに搭載されている。セキュリティや品質管理の分野において、カメラの搭載が期待されている。CCDカメラは体積は小さいが消費電力が大きいた

め、長寿命なシステムに導入することは難しい。センサの低消費電力化は今後の大きな課題である。

これまで述べてきたように、RFIDには無限の可能性があるが問題点も多い。特に周波数の問題は調整に時間がかかるため技術の進歩に追いつかない可能性がある。また、プライバシーの問題は技術的な問題でないだけにクリアするには時間がかかることが予想される。無線通信の特徴を生かしたユビキタス社会の実現に向けてこれらの問題をひとつづつ着実にクリアしていくことが命題となる。

#### 参考文献

- [1] Klaus Finkenzeller, "RFIDハンドブック", 日刊工業新聞社, ISBN4-526-04701-5, 2001
- [2] [http://www.aliantechnology.com/mambo\\_alien/index.php?option=displaypage&Itemid=59&op=page&SubMenu=](http://www.aliantechnology.com/mambo_alien/index.php?option=displaypage&Itemid=59&op=page&SubMenu=)
- [3] 根日屋, 植竹, "ユビキタス無線工学と微細RFID", 東京電機大学出版局, ISBN4-501-32280-2, 2003
- [4] <http://www.uidcenter.org/japanese.html>
- [5] <http://robotics.eecs.berkeley.edu/~pister/SmartDust/>
- [6] <http://www.zigbee.org/>

#### 問い合わせ先

NTT サービスインテグレーション基盤研究所  
岸上 順一  
Tel: 0422-59-3040 Fax: 0422-37-8533  
E-mail: jay@ntt.net

NTT 未来ねっと研究所  
清水 雅史  
Tel: 046-859-8695 Fax: 046-859-3351  
E-mail: shimizu.masashi@lab.ntt.co.jp